Bureau de la sécurité des transports du Canada
Transportation Safety Board of Canada

RAPPORT D'ENQUÊTE AÉRONAUTIQUE
A05F0001



PANNE MOTEUR PAR MANQUE DE CARBURANT

DU BOEING 767-375 C-FCAG
EXPLOITÉ PAR AIR CANADA
À 180 nm AU NORD DE SANTIAGO (CHILI)
LE 2 JANVIER 2005



Rapport d'enquête aéronautique

Panne moteur par manque de carburant

du Boeing 767-375 C-FCAG exploité par Air Canada à 180 nm au nord de Santiago (Chili) le 2 janvier 2005

Rapport numéro A05F0001

Sommaire

Le 2 janvier 2005, le Boeing 767-375 (immatriculation C-FCAG, numéro de série 24085) assure un vol régulier entre l'aéroport international de Toronto/Lester B. Pearson (Ontario) et l'aéroport de Santiago/Aeropuerto Comodoro Arturo Merino Benitez (Chili) (vol Air Canada 092) avec à son bord 144 passagers et un équipage de 10 membres. À 11 h 2, heure avancée du Chili (HACL), neuf heures et 42 minutes après le décollage, l'avion est en vol de croisière au niveau de vol (FL) 370 à environ 180 milles marins (nm) au nord de Santiago et à 60 nm avant l'endroit prévu pour amorcer la descente. À ce moment, l'équipage reçoit du système d'affichage des paramètres moteurs et d'alerte de l'équipage (EICAS) un message d'alarme de basse pression carburant en provenance des deux pompes d'appoint carburant du réservoir principal gauche et, 45 secondes plus tard, il y a extinction du moteur gauche (turbosoufflante General Electric CF6-80C2B6, portant le numéro de série 690255).

L'équipage ouvre immédiatement le robinet d'intercommunication carburant, lance un appel Mayday au contrôle radar de Santiago et amorce une descente progressive. Au moment où l'avion franchit le FL330, l'équipage met en marche le groupe auxiliaire de bord (APU). Vers le FL230, 18 minutes après l'extinction du moteur, l'équipage remet en marche le moteur gauche. L'avion poursuit sa route en direction de Santiago avec les deux moteurs en marche et atterrit sans autre incident à 11 h 35 HACL. Après l'atterrissage, le système de jaugeage carburant indique qu'il reste 4500 kg dans le réservoir droit et 800 kg dans le réservoir gauche. Après l'arrêt des moteurs, on mesure la quantité de carburant des réservoirs à l'aide d'une jauge à canne et on constate qu'il y a 4700 kg de carburant dans le réservoir droit et que le réservoir gauche est vide. L'indication de quantité carburant du réservoir gauche s'efface subséquemment pendant que l'avion est au sol à Santiago.

This report is also available in English.

Autres renseignements de base

Le 1er janvier 2005 vers 21 h, heure normale de l'Est (HNE)[1], l'avion s'est présenté au poste de stationnement à Toronto après avoir terminé le vol précédent. L'équipage a inscrit dans le carnet de route de l'avion qu'il restait 7600 kg de carburant; toutefois, selon le rapport à l'arrivée du système embarqué de communications, d'adressage et de compte rendu (ACARS) de l'avion, il restait 10 100 kg de carburant dans les réservoirs de l'avion à l'arrivée. Le service de régulation des vols a calculé la charge de carburant requise pour le prochain vol en se basant sur tous les facteurs opérationnels pertinents (y compris le carburant à l'arrivée) et il a préparé un bordereau d'autorisation de vol, qui est un message adressé à l'agent d'avitaillement.

Le circuit de carburant de l'avion comprend les réservoirs d'aile principaux gauche et droit dont la capacité nominale est de 18 450 kg (22 975 litres) chacun et un réservoir central dont la capacité est de 36 500 kg (45 450 litres) pour une capacité totale de 73 400 kg. Le carburant est normalement réparti également entre les réservoirs d'aile principaux. Lorsqu'un vol nécessite une quantité supplémentaire de carburant, on charge ce carburant dans le réservoir central. Le système de jaugeage carburant (FQIS) comprend des capteurs et un densitomètre montés dans chaque réservoir de carburant, un processeur de quantité carburant (FQPU) qui calcule le carburant présent dans chaque réservoir, un tableau supérieur situé dans le poste de pilotage qui affiche la quantité de carburant présente dans chaque réservoir ainsi que la quantité totale de carburant à bord[2], ainsi qu'un afficheur de quantité carburant situé sur le tableau d'avitaillement dans le bord d'attaque de l'aile gauche. Le FQIS commande également les robinets d'avitaillement pour mettre fin automatiquement à l'avitaillement lorsque la quantité de carburant choisie par l'agent d'avitaillement est atteinte.

L'agent d'avitaillement a constaté que le circuit carburant indiquait 3700 kg pour le réservoir principal gauche, 5900 kg pour le réservoir principal droit, et zéro pour le réservoir central, pour une charge totale de carburant à bord de 9600 kg. L'agent a rempli les réservoirs d'aile principaux jusqu'à ce que le robinet d'arrêt d'avitaillement se ferme automatiquement, et il a complété la charge de carburant totale désirée en versant le carburant dans le réservoir central. Les inscriptions écrites à la main par l'agent d'avitaillement sur le bordereau d'autorisation de vol indiquaient qu'une quantité de 61 354 litres/49 721 kg[3] de carburant Jet A1 avait été ajoutée, ce qui portait la charge totale de carburant à 59 321 kg. Après l'avitaillement, le bordereau d'autorisation de vol indiquait qu'il y avait 18 800 kg dans le réservoir principal gauche, 23 670 kg dans le réservoir central, et 18 800 kg dans le réservoir principal droit, pour une charge totale de 61 270 kg.

---

1 Les heures sont exprimées en HNE (temps universel coordonné moins cinq heures).

2 Le FQIS arrondit les quantités de carburant aux 100 kg; les quantités de carburant en provenance des autres sources ne sont pas arrondies. Les nombres présentés dans les paragraphes suivants sont ceux imprimés ou écrits sur le bordereau d'autorisation de vol.

3 La masse de carburant est calculée à l'aide d'un facteur de conversion de masse carburant (FWCF) de 0,81039 kg/litre. Il s'agit de la densité réelle de deux échantillons de carburant prélevés près du moment où l'on a procédé à l'avitaillement.

L'équipage du vol à destination de Santiago a noté un écart entre l'indication du totalisateur de carburant (9600 kg) et la quantité inscrite dans le carnet de route par l'équipage précédent (7600 kg). Lorsque l'équipage a entré la quantité de carburant d'appoint dans l'ACARS avec les 7600 kg qui restaient du vol précédent, l'ACARS a indiqué qu'il n'y avait pas suffisamment de carburant pour le vol prévu. Les procédures d'Air Canada stipulent que le commandant de bord de l'appareil doit résoudre une telle divergence avant le départ, mais elles ne précisent pas de marche à suivre précise pour le faire. L'équipage a modifié manuellement la quantité de carburant à l'arrivée pour la porter à 9600 kg, ce qui correspondait à la quantité que l'agent d'avitaillement avait noté comme quantité de carburant de départ et que l'ACARS avait accepté comme charge d'appoint. Ni le plan de vol opérationnel, ni le bordereau d'autorisation de vol n'indiquaient le carburant à l'arrivée du vol précédent. Il n'est pas clair de quelle manière le service de régulation de vol a utilisé le carburant à l'arrivée pour préparer le vol suivant, mais si ce renseignement avait été communiqué à l'agent d'avitaillement ou à l'équipage de conduite, on aurait constaté une autre divergence dans la charge de carburant. Une autre indication qu'il y avait une anomalie en regard de la quantité de carburant est que l'équipage a constaté que la compensation de la direction avait été réglée à trois unités à gauche à la fin du vol précédent (la compensation est généralement réglée à moins d'une unité de la position neutre), ce qui indiquait une compensation pour une aile gauche basse[4], correspondant à la situation qui se présente lorsqu'il y a moins de carburant dans le réservoir d'aile principal gauche. Après l'avitaillement, on a consigné les indications suivantes du FQIS dans le poste de pilotage : 18 500 kg dans le réservoir principal gauche; 24 500 kg dans le réservoir central; et 18 500 kg dans le réservoir principal droit, pour un total de 61 500 kg. L'ordinateur de gestion de vol (FMC) indiquait un total de 61 500 kg. Le plan de vol opérationnel indiquait que la quantité de carburant requise était de 61 300 kg.

L'avion a décollé de Toronto le 1er janvier 2005 à 23 h 20. Le carburant restant à un point de cheminement survolé 56 minutes après le décollage a été consigné à 53 700 kg, soit 2700 kg de plus que la quantité de carburant minimale indiquée sur la feuille d'autorisation de vol. Le vol s'est déroulé sans écart notable par rapport aux conditions et à la route prévues. Deux minutes avant l'extinction du moteur, le carnet de vol indiquait qu'il restait 11 300 kg de carburant, soit 4 200 kg de plus que la quantité minimale requise, ce qui indiquait que la consommation de carburant pendant le vol de croisière avait été inférieure aux prévisions.

L'équipage a remarqué que l'affichage de la quantité de carburant du réservoir principal gauche s'effaçait par intermittence pendant le vol. L'enregistreur de données de vol (FDR), qui enregistre les données de quantité totale de carburant fournies par le FQIS, indiquait zéro pendant la plus grande partie du vol, ce qui révèle une défectuosité du FQIS. Lorsqu'une quantité était enregistrée, des fluctuations inexpliquées de plus de 1000 kg laissent croire que l'indication n'était pas fiable. L'équipage, par conséquent, s'en remettait à la quantité de carburant indiquée par le FMC. Ce dernier calcule le carburant restant en soustrayant de la quantité initiale totale de carburant présente au moment du démarrage des moteurs la quantité

---

[4] Le constructeur recommande d'utiliser la compensation de direction en vol de croisière pour mettre de niveau le volant de manière à minimiser la traînée de compensation. La limite de compensation de direction stipulée dans le manuel d'exploitation de l'avion est de 3,0 unités, une fois que l'avion est stabilisé en vol de croisière depuis au moins 30 minutes.

de carburant consommée par les moteurs[5]. Au moment de l'extinction du moteur gauche, l'affichage du FQIS dans le poste de pilotage indiquait 5700 kg de carburant dans le réservoir principal droit, et l'affichage du réservoir principal gauche était effacé. Le FMC avait calculé que la quantité totale de carburant restante était de 10 900 kg; par déduction, le réservoir principal gauche aurait dû contenir 5200 kg. Après l'atterrissage, la quantité réelle de carburant restante (4700 kg) était de 5000 kg inférieure à la quantité de carburant restante calculée par le FMC. Cette dernière quantité correspond aux calculs fondés sur le débit de carburant moteur fourni par le FDR. La consommation de carburant pendant le vol a été inférieure à celle mentionnée dans le plan de vol opérationnel, mais elle concorde au fait que l'avion ait été plus léger que prévu pendant tout le vol. En l'absence de tout signe de fuite de carburant, on a déduit que la quantité de carburant présente dans l'avion devait être de 5000 kg inférieure à celle indiquée après l'avitaillement.

L'annexe A présente l'historique des anomalies techniques de jaugeage carburant que l'avion a éprouvées au cours des cinq semaines qui ont précédé l'incident. Il y a eu cinq rapports de défectuosité qui mentionnaient que l'affichage de quantité carburant du réservoir gauche s'effaçait ou était défectueux. Dans chaque cas, la correction de l'anomalie avait été reportée et l'avion avait été remis en service en vertu des dispositions de l'article 28-41-01-A de la liste d'équipement minimal (MEL)[6]. Ces dispositions stipulaient notamment que la quantité de carburant devait être vérifiée à l'aide d'une jauge à canne avant chaque départ. Les mesures de maintenance prises à la suite des trois premières inscriptions comprenaient une recherche plus intensive de cause de panne du câblage et des composants du système, ainsi que le remplacement à deux reprises du densitomètre du réservoir gauche. À la fin des mesures de correction de la troisième indication d'anomalie, le 21 décembre, le densitomètre était encore inutilisable et l'avion a été remis en service en vertu de l'article 28-41-01-C1 de la MEL. À la quatrième occasion, on a signé pour indiquer que le problème d'indication de quantité carburant du réservoir gauche avait été corrigé, sans qu'aucun travail de maintenance n'ait été effectué, après que le système eut fonctionné normalement au cours de deux vols subséquents. À la cinquième occasion, six jours avant l'incident, l'anomalie s'est manifestée de nouveau et sa correction a été différée à São Paulo, mais le carnet des défectuosités de l'avion n'a pas été rempli correctement. Lorsque l'avion est revenu à Toronto, un technicien, qui ignorait manifestement qu'une limitation d'un article de la MEL visait l'anomalie en cause, a erronément signé une remise en service et a inscrit dans le système de suivi et de contrôle des aéronefs (AMTAC) que l'anomalie avait était corrigée, ce qui a eu pour conséquence de retirer l'article pertinent de la MEL de la liste des défectuosités. Ainsi, non seulement la défectuosité n'était pas réparée, mais en plus l'avion n'était plus soumis aux dispositions de l'article 28-41-01-A de la MEL qui exigeait la vérification de la quantité carburant à l'aide d'une jauge à canne avant chaque vol et l'application des procédures opérationnelles relatives à la surveillance du carburant et à la détection des fuites potentielles.

---

5 La consommation de carburant des moteurs est calculée à l'aide des débitmètres carburant moteur.

6 La MEL stipule les circonstances et les conditions selon lesquelles un appareil peut être remis en service lorsque certains équipements spécifiques sont en panne.

Au cours de la période où l'avion a été exploité en vertu de la MEL, il y a eu deux inscriptions de défectuosité de type « information » qui portaient sur des indications erratiques ou erronées de la quantité de carburant du réservoir gauche (surévaluation pouvant atteindre 2500 kg) et une inscription qui signalait une indication de quantité de carburant du réservoir gauche normale pendant un vol. Il y a eu également un rapport verbal qui mentionnait une sous-évaluation de l'indication de quantité carburant du réservoir gauche.

Les normes du *Règlement de l'aviation canadien* (RAC) relatives aux exigences de maintenance des aéronefs pour les exploitants aériens stipulent qu'il faut tenir un système de consignation et de contrôle des défectuosités qui identifie les défectuosités récurrentes, et elles stipulent la méthode à utiliser pour souligner ces défectuosités.

> Norme 726.05 du RAC, Méthodes de correction des défectuosités et de contrôle des mesures correctives
>
> (1) Le système de correction des défectuosités comprend une méthode pour souligner les défectuosités qui se reproduisent, pour qu'elles soient facilement décelables par les équipages de conduite et par l'organisme de maintenance à toutes les bases où l'aéronef est utilisé. Il incombe à l'exploitant aérien d'indiquer au personnel de la maintenance qu'il s'agit de défectuosités récurrentes afin d'éviter la duplication de tentatives de correction infructueuses.
>
> (2) Le système de contrôle des défectuosités doit assurer que la correction d'une défectuosité qualifiée de défectuosité récurrente va tenir compte de la méthodologie utilisée dans les tentatives de réparation antérieures.
>
> (3) Aux fins des présentes normes, une défectuosité est dite récurrente lorsqu'un mode de défaillance se répète sur un aéronef donné trois fois à l'intérieur de 15 segments de vol d'une réparation antérieure pour ce même mode de défaillance.

En plus de la description de la méthode à utiliser pour traiter les défectuosités récurrentes, les normes du RAC stipulent également des procédures de remise en service technique :

> Norme 726.06 du RAC, Procédures de remise en service technique (seul le paragraphe pertinent est cité)
>
> (1) Les procédures de remise en service technique ont pour but d'assurer que seuls les aéronefs conformes aux exigences en matière de navigabilité, d'exploitation et aux exigences de l'entreprise sont mis en service. Ce système constitue aussi la base qui permet au commandant de bord de déterminer si l'aéronef est en bon état par rapport aux consignes de navigabilité, aux exigences applicables à la maintenance, au contrôle de la masse et du centrage et à l'exploitation ou aux exigences de l'entreprise.

Après que le problème d'indication eut été corrigé le 21 décembre, et que l'avion eut été placé sous les dispositions de l'article 28-41-01-C1 de la MEL en regard du densitomètre, les services de contrôle de maintenance et de régulation des vols de l'avion en cause n'ont pas effectivement identifié et contrôlé les problèmes d'indication carburant subséquents comme une continuation d'un problème antérieur, ce qui a eu pour conséquence la remise en service de l'avion alors qu'il n'était pas en état de navigabilité selon les dispositions du RAC.

On a constaté d'autres anomalies concernant la maintenance et la remise en service de l'appareil en cause au cours de la période visée. Les 2 et 3 décembre 2004, l'avion a été remis en service pour deux vols en vertu des articles 28-41-01-A et 28-44-01 de la MEL, contrairement à la condition d'admissibilité de l'article 28-44-01 de la MEL voulant que des jauges à canne ne soient pas requises pour l'exploitation en vertu de l'article 28-41-01 de la MEL. Le 11 décembre, l'avion a été remis en service en vertu de l'article 28-41-01-A de la MEL, un jour après l'intervalle de réparation stipulé dans la MEL. Le 15 décembre, l'avion a été remis en service avec un densitomètre débranché, sans être placé sous les dispositions de l'article 28-41-01-C1 de la MEL. Le 30 décembre, les dispositions de l'article 28-41-01-C1 de la MEL ont été prolongées malgré le fait qu'un temps d'immobilisation avait été prévu pour l'avion et que les pièces nécessaires étaient disponibles. Le 2 janvier 2005, on a signé pour indiquer que la défectuosité d'un densitomètre avait été corrigée alors que ce n'était pas le cas, ce qui a eu pour conséquence la levée des dispositions de l'article 28-41-01-C1 de la MEL alors qu'elles auraient dû continuer de s'appliquer. Chacun de ces faits contrevient aux exigences de l'article 605.09 du RAC et révèle des manquements au niveau du système de contrôle de la maintenance et de remise en service technique d'Air Canada. Un examen du service de maintenance d'Air Canada a révélé de nombreux problèmes dont du laisser-aller, le contournement de procédures, une pénurie de main-d'oeuvre, des rôles et des responsabilités mal définis, et l'acceptation de cette situations comme étant normale. Des mesures ont été prises pour corriger ces problèmes.

Un autre facteur concernant les opérations avec des indications de FQIS non valides en vertu de l'article 28-41-01-A de la MEL est que la configuration de la pompe carburant du réservoir central du Boeing 767, lorsqu'elle a été modifiée conformément à la consigne de navigabilité 2001-15-08 (qui s'applique à l'avion en cause) et au bulletin de service 767-28-0062 de Boeing (révisé le 5 février 2004), est sujette à provoquer un déséquilibre de la charge de carburant. En attendant qu'une solution définitive soit trouvée pour ce problème, la firme Boeing a publié le bulletin de manuel d'exploitation ACN-53 R2 révisé en date du 12 juillet 2004 à l'intention d'Air Canada qui recommandait notamment de ne pas remettre un avion en service en vertu de l'article 28-41-1 de la liste principale d'équipement minimal (MMEL) lorsque l'indicateur de quantité FQIS est hors service si le réservoir de carburant central est chargé. Le bulletin recommandait également qu'en cas de panne d'un indicateur de quantité FQIS d'un réservoir de carburant principal après la mise en service de l'appareil, on interrompe le vol en retournant au poste de stationnement ou en atterrissant à l'aéroport convenable le plus proche. Au moment des événements, une version antérieure du bulletin de manuel d'exploitation de Boeing, qui ne contenait pas ces procédures, avait été intégrée au manuel d'utilisation de l'aéronef (AOM), et l'article 28-41-1A de la MEL d'Air Canada n'interdisait pas l'exploitation de l'avion avec du carburant dans le réservoir central. Par conséquent, au cours du mois qui a précédé l'incident, l'avion a été exploité en vertu des dispositions de l'article 28-41-1A de la MEL avec du carburant dans le réservoir central. De plus, lorsque l'indicateur de quantité carburant du réservoir

principal gauche est tombé en panne pendant le vol en cause, l'équipage n'a pas atterri à l'aéroport convenable le plus proche comme le recommandait le bulletin de manuel d'exploitation de Boeing.

Après l'extinction du moteur, un rapport de défectuosité a de nouveau été rédigé pour signaler que l'affichage de quantité carburant du réservoir gauche s'était effacé, et l'avion a été remis en service en vertu de l'article 28-41-01-A de la MEL jusqu'à ce qu'il puisse être réparé à Toronto. Après une recherche de cause de panne intensive, la mesure de correction finale a été le remplacement d'un faisceau de câbles à l'intérieur de l'aile gauche. L'anomalie en cause explique à la fois les lectures erronées du FQIS et la fermeture prématurée du robinet d'avitaillement à arrêt automatique du réservoir principal gauche. Le manque de carburant aurait été détecté si la quantité présente avait été vérifiée à l'aide d'une jauge à canne conformément aux dispositions de l'article 28-41-01-A de la MEL. Comme on a omis cette vérification, l'avion a décollé avec un déséquilibre de la charge de carburant de 5000 kg et il s'est posé à Santiago avec un déséquilibre de 4700 kg, ce qui est supérieur aux limites stipulées dans l'AOM[7]. L'article 602.07 du RAC stipule qu'il est interdit d'utiliser un aéronef à moins que celui-ci ne soit utilisé conformément aux limites d'utilisation précisées dans le manuel de vol de l'aéronef. La charge totale de carburant au décollage était d'environ 56 500 kg, soit 4800 kg de moins que ce qui était exigé dans le plan de vol opérationnel et dans la politique de la compagnie; néanmoins, le vol est arrivé à destination avec une quantité suffisante de carburant pour atteindre l'aéroport de dégagement prévu au plan de vol.

L'article 28-41-01-A de la MEL contient des procédures opérationnelles relatives à la surveillance de la quantité de carburant et à la détection des fuites de carburant en cas de panne partielle du FQIS. On y mentionne qu'un déséquilibre de la charge de carburant pourrait ne pas être signalé par un message d'avertissement CONFIG du circuit carburant lorsque le FQIS gauche ou droit est hors service. On y signale également que l'extinction d'un moteur pourrait être causée par une fuite de carburant. L'index des procédures (QRH) du Boeing 767 ne mentionne pas l'extinction d'un moteur comme un signe possible d'une fuite de carburant. L'équipage n'a pas envisagé la possibilité d'une fuite de carburant, car il n'a pas reçu de message de l'EICAS et il n'a constaté aucun des signes de fuite de carburant mentionnés dans le QRH. L'équipage ignorait que les messages de l'EICAS étaient inhibés par la panne du FQIS gauche. En cas de panne d'un FQIS, le Boeing 767 ne dispose d'aucun moyen matériel indépendant permettant de détecter un bas niveau de carburant avant l'épuisement du carburant. L'équipage doit s'en remettre au FMC pour calculer la quantité de carburant restante en supposant que la valeur initiale était correcte. En cas de panne du système de jaugeage carburant, le QRH ne contient aucune ligne directrice supplémentaire ni aucune procédure de sécurité, semblables à celles de l'article 28-41-01-A de la MEL, pour la détection d'une fuite possible de carburant. L'une des premières mesures recommandées dans le QRH si l'on soupçonne une fuite de carburant est de fermer le robinet d'intercommunication. Dans le présent incident, la procédure en cas de fuite de

---

7 Le manuel d'utilisation de l'avion stipule que le déséquilibre de quantité carburant maximal admissible entre les réservoirs principaux gauche et droit est de 1100 kg lorsque la quantité totale de carburant des réservoirs principaux est inférieure à 22 000 kg, et cette valeur diminue à 600 kg lorsque la quantité totale de carburant des réservoirs principaux est supérieure à 38 000 kg.

carburant n'a pas été appliquée, et l'on a plutôt ouvert le robinet d'intercommunication immédiatement après la panne du moteur pour le remettre en marche, ce qui entraînait le risque d'alimenter la fuite et de vider le réservoir situé du côté non touché.

L'enquête a donné lieu au rapport de laboratoire suivant :

LP004/2005 – *FDR Analysis* (Analyse du FDR).

On peut obtenir ce rapport en s'adressant au Bureau de la sécurité des transports du Canada.

Faits établis quant aux causes et aux facteurs contributifs

1. Le système de jaugeage carburant était défectueux. Par conséquent, pendant l'avitaillement, le robinet d'arrêt d'avitaillement du réservoir d'aile principal gauche s'est fermé prématurément alors qu'il manquait environ 5000 kg de carburant pour que le réservoir soit plein; les indications de quantité carburant étaient incorrectes; de plus, pendant le vol, les systèmes d'avertissement de quantité et de déséquilibre carburant étaient hors service.

2. Le service de contrôle de maintenance a retiré par erreur la défectuosité du système de jaugeage carburant de la liste des dérogations de configuration de l'avion. Par conséquent, l'avion a été remis en service sans que la charge de carburant soit validée à l'aide d'une jauge à canne conformément aux dispositions de la liste d'équipement minimal (MEL).

3. Les procédures de l'exploitant ne précisaient pas la méthode à suivre pour résoudre les divergences au niveau de la quantité de carburant, et le service de répartition des vols n'a pas informé l'équipage de la quantité de carburant rapportée à l'arrivée. Par conséquent, lorsque l'équipage a réglé la quantité de carburant de manière à ce que le système embarqué de communications, d'adressage et de compte rendu (ACARS) accepte la charge de carburant d'appoint, il a contrecarré ce moyen de vérification de quantité carburant et il n'a pas corrigé l'anomalie, ce qui a entraîné l'acceptation d'une charge de carburant inadéquate.

4. L'exploitant n'avait pas intégré au manuel d'utilisation de l'avion le bulletin de manuel d'exploitation ACN-53 R2 de Boeing. Ce bulletin recommandait que l'appareil se pose à l'aéroport convenable le plus proche en cas de panne en vol d'un indicateur de quantité de réservoir carburant principal si le réservoir central contenait du carburant. Par conséquent, lorsqu'un indicateur de quantité de réservoir carburant principal est tombé en panne après le décollage de Toronto, l'équipage a poursuivi le vol.

5. Le réservoir d'aile principal gauche s'est vidé de tout carburant sans que l'équipage ait reçu d'avertissement préalable de bas niveau de carburant, ce qui a causé l'extinction du moteur gauche.

Faits établis quant aux risques

1. Les procédures de contrôle de la maintenance et de remise en service technique de l'exploitant ont permis de remettre l'avion en service à plusieurs reprises alors qu'il n'était pas en état de navigabilité ou qu'il n'était pas conforme aux dispositions de la liste d'équipement minimal.

2. L'avion a été exploité pendant tout le vol avec un déséquilibre de la charge de carburant supérieur aux limites publiées dans le manuel d'utilisation de l'avion.

3. L'exploitant a omis d'intégrer une recommandation d'un bulletin de manuel d'exploitation de Boeing dans son manuel de MEL, et par conséquent, l'avion a été remis en service au cours du mois qui a précédé le présent incident alors qu'il y avait du carburant dans le réservoir central en vertu des dispositions de l'article 28-41-1-A de la MEL, ce qui était contraire à la recommandation de Boeing.

4. En cas de panne du système de jaugeage carburant (FQIS) en vol, le Boeing 767 ne dispose d'aucun moyen indépendant permettant de détecter un bas niveau de carburant, et l'index des procédures (QRH) ne contient aucune procédure de sécurité, comme celle contenue dans l'article 28-41-01-A de la MEL, en regard de la possibilité d'une fuite de carburant. Par conséquent, l'équipage de conduite risque de prendre une mesure inadéquate qui aurait pour effet d'alimenter la fuite et de vider le réservoir intact de son carburant.

Mesures de sécurité prises

La compagnie Air Canada a déclaré qu'elle avait pris les mesures de sécurité suivantes :

De nombreux changements ont été amorcés peu après le début d'une enquête interne. Puisque les activités de maintenance sont présentement données en sous-traitance à d'autres compagnies aériennes dans certaines bases sud-américaines, il a été recommandé que le service d'enquête de maintenance utilise un système à ruban d'enregistrement numérique pour enregistrer toutes les conversations avec le contrôle des opérations de maintenance (MOC). Cette mesure fournira une confirmation des renseignements transmis verbalement, ce qui devrait être utile lors des échanges avec du personnel dont la langue maternelle n'est ni l'anglais, ni le français.

Les gestionnaires des opérations aériennes et de la maintenance de la flotte ont amorcé des conversations téléphoniques régulières à horaire fixe pour discuter de l'état de service global de la flotte et des problèmes reliés à des aéronefs particuliers, selon leur numéro d'immatriculation, qui jouissent présentement d'une dérogation en vertu d'un article de la MEL ou pour lesquels on envisage d'accorder une telle dérogation. Les opérations aériennes ont également modifié l'article 28-41-01-C1 de la MEL afin d'exiger une vérification de la quantité carburant à l'aide d'une jauge à canne en cas d'anomalie d'affichage de la quantité carburant. Les opérations aériennes, en coordination avec le service d'ingénierie de la maintenance, examinent également

les méthodes susceptibles de permettre aux pilotes de déterminer avec une plus grande précision les quantités minimales de carburant nécessaires pour éviter de compromettre la sécurité de tous les vols d'une durée supérieure à trois heures.

Le vice-président de la maintenance a accepté d'amorcer un programme expérimental de « pollinisation » visant à placer du personnel technique principal dans des postes du MOC, et à transférer une partie de l'expérience du MOC dans les ateliers de maintenance.

Le présent rapport met un terme à l'enquête du Bureau de la sécurité des transports du Canada (BST) sur cet événement. Le Bureau a autorisé la publication du rapport le 23 novembre 2005.

*Visitez le site Web du BST (**www.bst.gc.ca**) pour plus d'information sur le BST, ses services et ses produits. Vous y trouverez également des liens vers d'autres organismes de sécurité et des sites connexes.*

Annexe A – Historique des anomalies techniques de jaugeage carburant

30 nov. 2004 — Défectuosité L1398037 – L’affichage du système de jaugeage carburant du réservoir gauche s’est effacé après l’avitaillement. La correction de l’anomalie a été reportée en vertu de l’article 28-41-01-A de la MEL, lequel exige une vérification de la quantité carburant à l’aide d’une jauge à canne avant chaque vol. L’avion a été remis en service à deux reprises le 11 décembre (le 11e jour suivant le jour de la découverte de l’anomalie) sans que l’anomalie soit corrigée. Des travaux de maintenance ont été effectués le 12 décembre. On a découvert que la prise d'alimentation bus du réservoir principal gauche était desserrée et contaminée. On a remplacé la prise et l’avion a été remis en service. Avant le vol suivant, l’affichage de carburant gauche s’est de nouveau effacé. (Voir le 13 déc. 2004, défectuosité L1398045.)

2 déc. 2004 — Défectuosité L1398039 – La jauge à canne n° 8 du réservoir de carburant principal gauche est hors service. La correction de l’anomalie a été reportée en vertu de l’article 28-44-01 de la MEL, lequel autorise la remise en service de l’avion avec des jauges à canne défectueuses sous réserve que la quantité de carburant soit déterminée par une autre méthode approuvée. L’avion a été remis en service et a effectué un vol jusqu’à Lima ainsi que le vol de retour à Toronto avec une jauge à canne hors service ***et*** en vertu de l’article 28-41-01-A de la MEL, lequel exige une vérification de la quantité carburant à l’aide d’une jauge à canne. Le service de maintenance a enlevé du produit d'étanchéité en excès sur la jauge à canne n° 8 et a remis l’avion en service le 3 décembre.

6 déc. 2004 — Défectuosité L1398040 – La jauge de quantité carburant gauche fonctionne de façon erratique, les lectures étant de 300 à 1300 kg supérieures à celles de la jauge droite. L’avion a été remis en service sans corriger l’anomalie, en se basant sur le fait qu’il était encore soumis aux dispositions de la MEL à la suite de la défectuosité L1398037.

12 déc. 2004 — L’anomalie d’indication de carburant gauche (défectuosité L1398037) est corrigée de la manière susmentionnée.

13 déc. 2004 — Défectuosité L1398045 – L’affichage de carburant gauche s’est effacé (répétition de la défectuosité L1398037). La correction de l’anomalie a de nouveau été reportée en vertu de l’article 28-41-01-A de la MEL. Un avis de prolongement de la MEL a été envoyé à Transports Canada et cet avis précisait que l’anomalie serait corrigée au plus tard le 16 décembre.

Défectuosité L1398046 – Information sur l’anomalie : l’affichage de quantité carburant du réservoir principal gauche est réapparu pendant le vol. Les lectures affichées ne correspondaient pas à la quantité calculée, on soupçonne une surévaluation comprise entre 1000 et 2500 kg. À destination, une vérification à l’aide d’une jauge à canne a révélé que la quantité totale de carburant était de

5141 kg, alors que l'indicateur du poste de pilotage affichait 7800 kg. L'avion était encore exploité en vertu de la MEL à la suite de la défectuosité L1398045 susmentionnée. Le report de la correction de l'anomalie a été approuvé.

14 déc. 2004 Correction de la défectuosité L1398045 – Le processeur de quantité carburant (FQPU) a été remplacé et le densitomètre gauche a été débranché. On a demandé aux équipages de conduite de commenter la stabilité de l'affichage de quantité carburant du réservoir gauche. On n'a retrouvé aucun document qui mentionnait que les dispositions de l'article 28-41-01-C1 de la MEL (dérogation relative à un densitomètre hors service) aient été imposées ni aucun commentaire de la part des équipages de conduite. La correction de la défectuosité n'a pas été approuvée avant le 16 décembre. L'avion a fait le vol aller-retour entre Toronto et Munich le 15 décembre.

16 déc. 2004 La correction de la défectuosité L1398045 a été approuvée, et la défectuosité L1412452 a été soulevée pour changer le densitomètre gauche. Ce dernier a été remplacé plus tard le même jour, et l'avion a été remis en service.

17 déc. 2004 M1203290 – Ce document cite un rapport verbal qui signale que la lecture pour le réservoir gauche était inférieure à la charge de carburant réelle. Une vérification à l'aide d'une jauge à canne a confirmé l'affichage. L'anomalie a été déclarée à Montréal par le spécialiste de la flotte à la suite de multiples anomalies répétitives sur l'avion. (Voir la mesure corrective du 20 déc. 2004.)

19 déc. 2004 Défectuosité L1412455 – Lors du quatrième vol suivant la correction de l'anomalie précédente – affichage de quantité carburant gauche qui s'efface – répétition des défectuosités L1398037-40-45-46 et L1412452. La correction de l'anomalie a de nouveau été reportée en vertu de l'article 28-41-01-A de la MEL, et un seul vol a été effectué de Toronto à Vancouver. (Voir la mesure corrective du 21 déc. 2004.)

20 déc. 2004 M1203290 mesure corrective – La recherche de cause de panne du câblage de diverses pièces du FQIS dans le réservoir gauche n'a révélé aucune anomalie. On a remplacé le DEU du densitomètre conformément aux instructions, lesquelles exigeaient le remplacement du connecteur du DEU. Le travail a été fait selon la fiche M1203482. (Voir le 21 déc. 2004.)

21 déc. 2004 M1203482 – Mesure visant à corriger les reports répétitifs des problèmes d'effacement de l'affichage de quantité carburant du réservoir principal gauche selon L1412455 : connecteur du densitomètre gauche remplacé; unité n° 12 (capteur capacitif) du réservoir gauche remplacée; vérification positive des valeurs de capacité et de résistance.

Défectuosité L1412457 – L'inscription stipulait que le densitomètre du réservoir de carburant gauche était hors service et une remarque mentionnait que la défectuosité L1412455 avait été corrigée. La correction de l'anomalie a été

reportée en vertu de l'article 28-41-01-C1 de la MEL. L'avion était encore exploité en vertu de cet article de la MEL au moment de l'incident. (Voir le 30 déc. 2004 pour le prolongement des dispositions de la MEL.)

Défectuosité L1412455 approuvée en vertu de M1203482 et M1203290.

22 déc. 2004 Défectuosité L1412458 – Densitomètre gauche défectueux. On a fait référence à l'élément d'information de la défectuosité L1412455 (affichage de carburant qui s'efface). On a vérifié à l'aide d'une jauge à canne la quantité de carburant du réservoir gauche et l'anomalie a été approuvée comme étant corrigée.

23 déc. 2004 Défectuosité L1412459 – Lors du quatrième vol après la correction de L1412455 : l'affichage de quantité carburant gauche s'efface, l'essai de quantité carburant est normal, l'affichage de quantité totale s'efface également (voir le long historique). Étant donné le long historique d'anomalies, la correction du problème a de nouveau été reportée en vertu de l'article 28-41-01-A de la MEL avec l'indicateur de quantité carburant du réservoir gauche hors service. L'avion a été remis en service pour un vol à destination de Beijing.

24 déc. 2004 Correction de la défectuosité L1412459 – Les indicateurs fonctionnent normalement lors du vol de Vancouver à Beijing et du vol de retour à Vancouver. Après l'avitaillement à Vancouver, les calculs du carburant embarqué confirment l'affichage. Aucune autre mesure de maintenance n'est indiquée. La défectuosité a été approuvée comme étant réparée et l'avion a été remis en service pour un vol à destination de Montréal. La durée totale au sol entre l'atterrissage et le décollage vers Montréal a été d'une heure et 34 minutes.

27 déc. 2004 Défectuosité L1412462 – L'indicateur de quantité carburant gauche et le totalisateur de carburant sont hors service. Les anomalies sont découvertes pendant la préparation du vol à São Paulo et elles sont inscrites par le commandant de bord du vol au départ. Le MOC a été avisé, mais on ignore quelle mesure le MOC a prise exactement. Toutefois, le personnel de l'United Airlines à São Paulo a réinitialisé les affichages de l'EICAS, et il a effectué une vérification à l'aide d'une jauge à canne pour confirmer la quantité de carburant à bord. Le commandant de bord du vol a écrit dans la section réservée aux remarques de correction qu'une vérification à l'aide d'une jauge à canne avait été effectuée conformément à l'article 28-41-01 de la MEL (remise en service après maintenance n° 153546). L'avion était sûr pour le vol, mais la défectuosité n'avait pas été différée correctement, la case de la MEL du registre des défectuosités de l'avion n'avait pas été remplie correctement, et il n'y avait pas eu d'inscription ni dans la case « différé », ni dans la case « corrigé » du registre des défectuosités avant le départ du vol pour Toronto.

28 déc. 2004 Défectuosité L1412462 (suite) – Après l'arrivée de l'avion à Toronto, le 28 décembre à 11 h 44 UTC, après le vol en provenance de São Paulo, un technicien de la base de Toronto a signé la case « corrigé » du registre des défectuosités de l'avion en antidatant l'inscription au 27 décembre, à 10 h UTC, et en indiquant la base de São Paulo. Il a également fait une inscription dans le système de suivi et

de contrôle des aéronefs (AMTAC) qui indiquait que la défectuosité avait été corrigée. Il ne s'est apparemment pas rendu compte qu'il approuvait la correction d'une anomalie relative au circuit carburant ni qu'une restriction de MEL était reliée à cette anomalie.

La MEL a été retirée de la liste des dérogations de configuration de l'avion lorsque le gestionnaire du quart du MOC a effectué un balayage électronique de la liste des dérogations. Ce balayage a pour but d'identifier les articles de la MEL pour lesquels les travaux de maintenance reliés à la défectuosité visée ont été exécutés afin de les retirer, s'il y a lieu. Toutefois, dans le MOC en cause, il était devenu une pratique acceptée de court-circuiter la procédure en plaçant un poids (une agrafeuse) sur la touche d'entrée de l'ordinateur de manière à forcer l'AMTAC à retirer tout article de la MEL visé. Dans le cas présent, cette pratique a eu pour effet de retirer l'article 28-41-01-A de la MEL sans qu'aucune autre mesure ne soit prise par l'exploitant.

30 déc. 2004 Défectuosité L1412466 – Les affichages de quantité carburant du réservoir gauche sont normaux pour ce vol : à titre d'information seulement.

Défectuosité L1412457 (Voir le 21 déc. 2004 pour l'inscription d'origine.) – Même si un temps d'immobilisation avait été prévu et que les pièces nécessaires étaient disponibles dans le système d'Air Canada, la correction de l'anomalie a été de nouveau reportée en vertu de l'article 28-41-01-C1 de la MEL. Un avis de prolongement de la MEL a été envoyé à Transports Canada et cet avis invoquait un manque de pièces, et plus spécifiquement la non disponibilité d'un harnais. L'avion était encore exploité en vertu des dispositions de cet article de la MEL au moment de l'incident.

2 janv. 2005 Défectuosité L1412470 – Après l'extinction du moteur gauche : l'affichage de quantité carburant du réservoir gauche s'est effacé. Message de situation du canal de jaugeage carburant. L'équipage de conduite n'a pas inscrit de défectuosité pour l'événement en vol. L'inscription a été faite par le service de maintenance à Santiago. La correction de l'anomalie a été reportée en vertu de l'article 28-41-01-A de la MEL.

Défectuosité L1412457 – Cette défectuosité a été approuvée et transférée à la défectuosité L1412470 parce que le système d'affichage était hors service et qu'une vérification à l'aide d'une jauge à canne était requise. L'approbation a été faite à Santiago sans aucune indication de tout travail de maintenance qui aurait été fait.

10 janv. 2005 MI L1412470 et MI L1412476 – Le harnais du capteur de jaugeage du réservoir d'aile gauche a été remplacé, le densitomètre et l'émetteur du densitomètre ont été remplacés, le compensateur gauche a été remplacé à deux reprises, mais aucune de ces interventions n'a corrigé le problème. Le remplacement du harnais « Hi Z » entre la prise du bus gauche et le logement de train gauche a réglé le problème.